

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan dalam pembuatan biodiesel menggunakan minyak goreng dengan Cu-BTC MOF sebagai katalis, dapat disimpulkan bahwa:

1. *Metal-organic Framework* berbasis logam tembaga (Cu) berhasil disintesis dan dapat diaplikasikan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel. Katalis Cu-BTC berperan sebagai asam Lewis dalam reaksi transesterifikasi dan esterifikasi menggunakan minyak goreng dan metanol menjadi biodiesel (FAME).
2. Rasio volume metanol dengan minyak dan massa katalis berpengaruh signifikan terhadap rendemen FAME yang dihasilkan. Rendemen FAME akan meningkat hingga titik optimum seiring dengan penambahan rasio volume metanol:minyak ataupun massa katalis. Setelah melewati titik optimum, rendemen FAME akan mengalami penurunan. Rendemen FAME optimum tercapai pada 91,01% dengan penggunaan 0,04 g Cu-BTC dan rasio volume metanol:minyak sebesar 10:2. Kemampuan Cu-BTC MOF untuk digunakan kembali sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi dan transesterifikasi sangat baik dengan hanya menunjukkan sedikit penurunan hasil FAME dan tidak menurunkan aktivitas katalitik dalam reaksi pembuatan biodiesel.

## V.2. Saran

Pada sintesis Cu-BTC MOF, suhu, pelarut, dan zat aditif yang ditambahkan sangat berpengaruh pada hasil akhir yang didapatkan, seperti bentuk kristal, luas permukaan, dan volume pori. Suhu yang digunakan saat sintesis harus dijaga stabil, sehingga dapat menghasilkan Cu-BTC MOF yang memiliki bentuk yang cenderung sesuai dan luas permukaan yang lebih besar dalam penggunaannya sebagai katalis. Selain itu, penelitian lebih lanjut mengenai *indexing* hasil analisa XRD dari Cu-BTC bentuk batang juga dapat dilakukan, dan untuk perhitungan persentase kristalinity perlu dilakukan analisa lebih lanjut.

Penggunaan Cu-BTC MOF sebagai katalis pada reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dalam pembentukan biodiesel sangatlah baik dengan menghasilkan rendemen FAME yang tinggi. Akan tetapi, beberapa kekurangan dalam penelitian ini adalah waktu sintesis Cu-BTC yang cukup lama dan bahan ligan BTC yang mahal. Hal ini menjadikan katalis MOF Cu-BTC menjadi kurang efisien secara waktu dan biaya. Dalam penggunaan Cu-BTC MOF kembali sebagai katalis, rendemen FAME tidak mengalami penurunan yang signifikan. Namun, diperlukan adanya pembelajaran dan penelitian lebih lanjut mengenai berapa kali penggunaan Cu-BTC MOF kembali sebagai katalis dalam reaksi pembentukan biodiesel dengan tidak menurunkan rendemen FAME secara signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, D., Martin, R., Mariscal, R., Moreno-Tost, M.D., Zafra, P., dan Granados, M.L.P. 2007. *Catalysis Communications*, 8, 2074.
- Borges, M.E., Diaz, L. 2012. Recent developments on heterogeneous catalyst of biodisel production by oil esterification and transesterification reaction: A review. *Renewable Sustainable Energi Rev.*, 2839-2849.
- Cardoso, A.L., Cristina, S., Neves, G., dan Silva, M.J.D. 2009. *Energies*, 1, 79.
- Cejka, J. 2012. Metal-Organic Frameworks Applications from Catalysis to Gas Storage. *Angew. Chem. Int.*, 51, 4782–4783.
- Černík, M. dan Padil, V.V.T. 2013. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using gum karaya as a biotemplate and their antibacterial application. *Int. J. Nanomedicine*, 889.
- Chae, H.K. *et al.* 2004. A route to high surface area, porosity and inclusion of large molecules in crystals. *Nature*, 427, 523-527.
- Coman, S.M. dan Parvulescu, V.I. 2013. Heterogeneous Catalysis for Biodiesel Production. *Role Catal. Sustain. Prod. Bio-Fuels Bio-Chemicals*, 9, 93–136.
- Curijano, F.G., Corma, A., dan Xamena, F.X.F. 2014. Zirconium-containing metal organic frameworks as solid acidcatalysts for the esterification of free fatty acids: Synthesis ofbiodiesel and other compounds of interest. *Catalyst Today*.
- Dossin, T.F., Reyniers, M.F., Berger, R.J., dan Marin, G.B. 2006. *Appl. Cat. B. Environ*, 67, 136-148.
- Endalew, A.K., Kiros, Y., dan Zanzi, R. 2011. Inorganic Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production from Vegetable Oils. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3787-3809.

- Gerpen, J.V. 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Process Technol.*, 89, 1097- 1107.
- Hayyan, A. *et al.* 2011. Ethanesulfonic acid-based esterification of industrial acidic crude palm oil for biodiesel production. *Bioresour. Technol.*, 102, no. 20, 9564–9570.
- Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Fernando, W.J.N., dan Kim J. 2009. *Fuel Processing Technology*, 90, 1502.
- Huang, D., Zhou, H., dan Lin, L. 2012. Biodiesel: An Alternative to Conventional Fuel. *Energy Procedia*, 16, 1874-1885.
- Iqbal, N., Wang, X., Yu, J., Jabeen, N., Ullah, H., dan Ding, B. 2016 In situ synthesis of carbon nanotube doped metal-organic frameworks for CO<sub>2</sub> capture. *RSC Adv.*, 6, no. 6, 4382–4386.
- Kandidah, M. *et al.* 2010. Synthesis and stability of tagged UiO-66 Zr-MOFs. *Chem. Mater.*, 22, 6632-6640.
- Kusmiyati. 2008. Reaksi katalitis Esterifikasi Asam Oleat dan Metanol Menjadi Biodiesel dengan Metode Distilasi Reaktif. *Reaktor*, 12, no. 2, 78-82.
- Kusuma, I.G.B.W. 2002. Alat penurun emisi gas buang pada motor, mobil, motor tampe dan mesin pembakaran tak Bergerak. *Makara Teknologi*, 95-101.
- Leung, D.Y.C., Wu, X., dan Leung, M.K.H. 2010. *Applied Energy*, 87, 1083.
- Lin, K., Adhikari, A.K., Ku, C., Chiang, C., dan Kuo, H. 2012. Synthesis and characterization of porous HKUST-1 metal organic frameworks for hydrogen storage. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37, 13865-13871.
- Liu, Y., Lotero, E., dan Goodwin, J.G. 2006. *Journal of Catalysis*, 243, 221-228.

- Lotero, E., Goodwin, J.G., Bruce, D.A., Suwannakarn, K., Liu, Y., dan Lopez, D.E. 2006. *Catalysis*, 19, 41-84.
- Maleki, A., Hayati, B., Naghizadeh, M., dan Joo, S.W. 2015. Adsorption of hexavalent chromium by metal organic frameworks from aqueous solution. *J. Ind. Eng. Chem.*, 28, 211–216.
- Meng, X., Chen, G., dan Wang, Y. 2008. Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test. *Fuel Process. Technol.*, 89, no. 9, 851–857.
- Münch, A.S. dan Mertens, F.O.R.L. 2015. The Lewis acidic and basic character of the internal HKUST-1 surface determined by inverse gas chromatography. *CrystEngComm*, 17, no. 2, 438–447.
- Panella, B., Hirscher, M., Pütter, H., dan Müller, U. 2006. Hydrogen adsorption in metal-organic frameworks: Cu-MOFs and Zn-MOFs compared. *Adv. Funct. Mater.*, 16, no. 4, 520–524.
- Park, K.S. *et al.* 2006. Exceptional Chemical and Thermal Stability of Zeolitic Imidazolate Frameworks. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 10186-10191.
- Parshall, G.W. 2005. *Intel SI Homogeneous Catalysis: The Applications and Chemistry of Catalysis by Soluble Transition Metal*, 2nd ed. New York: Wiley-Interscience.
- Nuria Sanchez, J.F.G., Encinar, J.M., Martinez, G. 2015. Biodiesel Production from Castor Oil under Subcritical Methanol Conditions, vol. 6, no. 1.
- Serio, M.D., Apicella, B., Grieco, G., Iengo, P., Fiocca, L., Po, R., dan Santacesaria, E. 1998. *J. Mol. Cat. A. Chem.*, 130,233-240.

- Sivasamy, A., Cheah, K.Y., Fornasiero, P., Kemausuor, F., Zinoviev, S., dan Miertus, S. 2009. Catalytic Applications in the Production of Biodiesel from Vegetable Oils. *ChemSusChem*, 2, 278-300.
- Susilo, B., Damayanti, R., Izza, N. 2007. Teknik Bioenergi. Malang: UB Press.
- Walton, K.S., Snuur, R.Q. 2007. Applicability of the BET method for determining surface areas of microporous metal-organic frameworks. *J. Am. Chem. Soc.*, 129, 8552-8556.
- Yaghi, M. *et al.* 2003. Reticular Synthesis and the Design of New Materials. *Nature*, 423, 705-714.
- Zhang, S., Liu, H., Sun, C., Liu, P., Li, L., Yang, Z., Feng, X., Huo, F., dan Lu, X. 2015. CuO/Cu<sub>2</sub>O porous composites: shape and composition controllable fabrication inherited from metal organic frameworks and further application in CO oxidation. *J. Mater. Chem. A*, 3, 5294-5298.
- Zhou, Y., Long, J., dan Li, Y. 2016. Ni-based catalysts derived from a metal-organic framework for selective oxidation of alkanes. *Cuihua Xuebao/Chinese J. Catal.*, 37, no. 6, 955-962.